

L'abondance du potassium dans l'atmosphère solaire

THESE

présentée à la Faculté des sciences de l'Université de Genève
pour obtenir le grade de docteur ès sciences,
mention astronomie et astrophysique

par

Ramiro DE LA REZA OVANDO

de

LA PAZ (Bolivie)

Thèse N° 1662

Texte condensé de la thèse No 1662, approuvée par la Faculté des sciences. Des copies en microfilms du texte complet peuvent être obtenues auprès de la Bibliothèque publique et universitaire de Genève. Le texte complet peut être consulté à cette bibliothèque ou à la Bibliothèque nationale suisse à Berne.

GENEVE

Editions Médecine et Hygiène

1974



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545917_0019

L'abondance du potassium dans l'atmosphère solaire

THESE

présentée à la Faculté des sciences de l'Université de Genève
pour obtenir le grade de docteur ès sciences,
mention astronomie et astrophysique

par

Ramiro DE LA REZA OVANDO

de

LA PAZ (Bolivie)

Thèse N° 1662

Texte condensé de la thèse No 1662, approuvée par la Faculté des sciences. Des copies en microfilms du texte complet peuvent être obtenues auprès de la Bibliothèque publique et universitaire de Genève. Le texte complet peut être consulté à cette bibliothèque ou à la Bibliothèque nationale suisse à Berne.

La Faculté des sciences, sur le préavis du professeur ordinaire E.A. Muller, directeur de thèse et d'une commission composée du professeur ordinaire P. Bouvier (Observatoire — Faculté des sciences) et du professeur A. Skumanich (Université du Colorado, USA), autorise l'impression de la présente thèse, sans exprimer d'opinion sur les propositions qui y sont énoncées.

Genève, le 2 juillet 1974

Le doyen :
Jean Muller

Thèse No 1662



L'ABONDANCE DU POTASSIUM DANS L'ATMOSPHERE SOLAIRE

PAR R. DE LA REZA

INTRODUCTION

Ce travail est consacré à la détermination de l'abondance solaire du potassium et à l'étude des conditions physiques dans lesquelles les raies spectrales du potassium neutre (KI) sont formées dans l'atmosphère solaire. Nous avons essentiellement étudié la raie forte à λ 7698.977 Å qui est une composante du doublet de résonance, et la raie faible à λ 4044.147 Å qui a également le niveau fondamental comme niveau de base. Les autres raies du KI, très peu nombreuses, apparaissent dans le spectre solaire plus ou moins (fortement) perturbées par des raies d'autres atomes ou de molécules.

METHODE DE RECHERCHE

La raie à λ 7698.977 Å étant la plus importante pour notre travail, car elle est forte et non perturbée par d'autres raies, nous avons observé son profil et son comportement centre-bord dans les meilleures conditions possibles, en utilisant le télescope McMath et le grand spectrographe solaire du Kitt Peak National Observatory en Arizona (USA). Après diverses opérations de réduction (filtrage, placement du fond continu, correction du profil instrumental, etc...) nous avons obtenu, pour différentes positions sur le disque solaire, d'excellents profils observés que nous avons pu ensuite comparer aux profils prédits par la théorie.

En ce qui concerne la raie à $\lambda 4044.147 \text{ \AA}$ nous avons mesuré sa largeur équivalente dans l'atlas spectrophotométrique solaire du McMath-Hulbert Observatory de Michigan (USA).

Du côté théorique nous avons calculé le profil et la largeur équivalente des raies par la méthode synthétique en utilisant des modèles de l'atmosphère solaire et la théorie générale du transfert du rayonnement dans une atmosphère stellaire, théorie qui tient compte d'écarts aux conditions de l'équilibre thermodynamique local (NETL).

Considérant un atome à trois niveaux liés et le continu, nous avons résolu l'équation de l'équilibre statistique des populations des niveaux en tenant compte de tous les mécanismes radiatifs et collisionnels (collisions avec les électrons essentiellement) susceptibles de jouer un rôle dans le processus de formation des raies. L'équation de l'équilibre statistique a été résolue simultanément avec l'équation du rayonnement à travers toutes les couches atmosphériques du soleil données par le modèle d'atmosphère. A cet effet, nous avons utilisé la forme intégrée-différentielle provenant de cette résolution simultanée et dont la solution numérique a été développée par Athay et Skumanich (1967). Les modèles de l'atmosphère solaire utilisés sont ceux proposés par Gingerich et al (1971) et par Holweger (1967). Afin de pouvoir discuter l'unicité de notre interprétation théorique, nous avons aussi étudié la formation de deux raies de KI que nous avons envisagées dans le cas particulier de l'équilibre thermodynamique local (ETL).

RESULTATS

La comparaison des profils et largeurs équivalentes observés et prédits de nos deux raies nous a mené aux conclusions suivantes :

A - Mécanismes de formation

La théorie NETL reproduit d'une façon excellente le profil de la raie à $\lambda 7698.977 \text{ \AA}$ et son comportement centre-bord. Cette raie est formée dans la photosphère, c'est-à-dire dans les couches de l'atmosphère solaire où la température diminue vers l'extérieur. Dans ces régions de formation la fonction source de la raie est plus petite que la fonction de Planck. La raie est donc formée en dehors de l'équilibre thermodynamique local. En effet, même avec un modèle raisonnablement modifié, la théorie de l'ETL ne rend pas compte des profils observés. L'équilibre statistique indique que la raie est contrôlée par les collisions, alors que la fonction source est également contrôlée par l'absorption de photons dans le continu par des atomes autres que l'atome de potassium.

Par contre, pour la raie à $\lambda 4044.147 \text{ \AA}$ les valeurs de la fonction source sont très proches de celles de la fonction de Planck dans la région de formation de la raie. En conséquence, le cas particulier de l'ETL constitue une bonne approximation de la formation de cette raie et en fournit une bonne représentation.

Connaissant la fonction source de la raie à $\lambda 7698.977 \text{ \AA}$ nous avons prédit le profil et le comportement centre-bord de la raie à $\lambda 7664.872 \text{ \AA}$, la deuxième composante du doublet de résonance, qui se trouve fortement perturbée par des raies telluriques dans le spectre solaire.

B - Champ de vitesses

Afin de rendre compte des observations au centre et vers le bord du disque solaire, il est nécessaire de se donner des champs de vitesses à petite et grande échelle (microturbulence et macroturbulence) qui soient anisotropes.

APPLICATIONS

A - Histoire thermique du système solaire

Il est généralement admis que la composition chimique à la surface du soleil (à l'exception éventuelle des éléments D, Li, Be et B) est celle de la matière primordiale à partir de laquelle le système solaire a été formé. C'est dans ce contexte que, pour l'étude de l'évolution thermique des planètes, la détermination précise de l'abondance solaire du potassium est importante. En effet, l'isotope K^{40} est un élément capable de chauffer la matière environnante par désintégration radioactive. La connaissance de l'abondance solaire de cet élément permet de déterminer l'état de fusion, actuel ou ancien, des planètes. C'est ainsi que, dans le cas de la lune, si l'on utilise l'abondance du potassium à la surface du soleil obtenue dans ce travail, les calculs sur la fusion du basalte lunaire de Urey et McDonald (1969) indiquent que le noyau lunaire se trouverait aujourd'hui en état de fusion.

B - Le rapport K/Rb

Le rapport des abondances du potassium et du rubidium présente aussi un intérêt géochimique. En utilisant l'abondance solaire du Rb récemment déterminée par Hauge (1972), nous trouvons dans l'atmosphère solaire le rapport :

$$K / Rb \approx 350$$

Cette valeur est semblable à celle des météorites chondrites qui est de l'ordre de 300 d'après Erlank (1968) .

C - Application aux étoiles froides

En raison du faible potentiel d'ionisation du KI (4.34 e.v.) l'intensité de ses raies est amplifiée dans le spectre des étoiles plus froides que le soleil. Cette propriété implique que la raie de résonance du potassium neutre à λ 7698.977 Å peut servir d'indicateur de température. D'ailleurs, la contribution du potassium à la densité électronique est importante ; il devient même avec le sodium l'un des principaux donneurs d'électrons.

D'autre part, nous avons montré que l'importance des collisions avec les électrons, dans le processus de formation de la raie (donc de la température cinétique), est un outil intéressant pour déterminer l'éventuelle existence d'une chromosphère dans les étoiles où la raie de résonance du KI apparaît en émission.

BIBLIOGRAPHIE RESTREINTE

Athay, R.G. et Skumanich, A., 1967, Ann. d'Astrophys. 30, 669.

Erlank, A.J., 1968, "Origin and Distribution of the Elements". Edit. L.H. Ahrens (Pergamon Press).

Gingerich, O., Noyes, R.W., Kalkofen, W. et Cuny, Y., 1971, Solar Phys, 18, 437.

Hauge, O., 1972, Solar Phys, 26, 263.

Holweger, H., 1967, Zeitschrift f. Astrophys., 65, 365.

Urey, H.C. et McDonald, G.J.F., 1969, "Physics and Astronomy of the Moon", Edit. Z. Kopal (Academic Press).

